SULLA FISICA DEI CORPI PONDERABILI DEL CAV. AMEDEO AVOGADRO…

Pietro Maggi

SULLA FISICA DEI CORPI PONDERABILI

DEL CAV. AMEDEO AVOGADRO

LETTURE

FATTE ALL' ACCADEMIA

D' AGRICOLTURA COMMERCIO ED ARTI DI VERONA

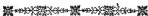
dal Socio

D.r PIETRO MAGGI

Verona

DALLA TIPOGRAFIA DI GIUSEPPE ANTONELLI

1849

LETTURA PRIMA

EGREGJ ACCADEMICI

Quanto per le ingegnose speculazioni dell' umano intelletto e l' opere infaticabile delle sperienze e della osservazione avanzasse mirabilmente il vasto edificio della naturale filosofia principalmente nel passato secolo e nella quasi metà che del presente ci corse, dove eziandio vi mancasse altro più certo e palese indizio, bene argomentereste alla sola vista del libro che il Sig. Cav. Amedeo Avogadro (nome già fra i dotti conosciuto per parecchi scientifici lavori, sovrattutto intorno le teorie atomistiche e l' elettrochimica) metteva alla luce l' anno 1837 col titolo: *fisica dei corpi ponderabili, ossia trattato della costituzione generale dei corpi.* Del qual libro avendo egli a quest' Accademia inviato in dono una copia, a me fu poi non ha guari commesso farne esame e rapporto, al che ora intendo, come meglio mi verrà fatto, brevemente adempiere. Vedreste in vero un grosso volume di bẽn mille pagine, stampato a minuti caratteri e corredato d' oltre a duecento figure geometriche. E con-

tuttociò non avete in questo più che il primo de' quattro tomi dell' opera divisata dal Sig. Avogadro, il quale eziandio allontanasi nel suo grande lavoro a sola una parte della moderna fisica. Laonde egli trova necessario, a meglio mostrarne il vero intendimento e definire i limiti del campo da lui tolto a correre, mandare innanzi un discorso, nè in vero breve, a modo di prefazione. Da questo e più dalla diligente lettura del libro intero v' accorgete non esser egli punto entrato nelle teoriche della luce, dell'elettrico, del magnetismo, e del calorico, se non quanto fu mestieri all'accennarne a luogo a luogo i principii, o solo a pigliarne, senza spiegata dimostrazione, i risultamenti fisici e geometrici all'uso di quelle conseguenze onde per essi è feconda la materia del suo argomento. In ciò tuttavia, e nella esposizione altresì dello vario dottrine in quest' opera sviluppate egli so pressocchè sempre tenersi su quella via diritta insieme ed agevole che meglio guida alla vera conoscenza della quistione proposta, donde, come da un luogo elevato ed aperto, si hanno tosto chiari e distesi in veduta l'ordine e il legamento delle diverse sue parti. E benchè il più della cose discorse dal Cav. Avogadro sia certamente frutto delle altrui fatiche, sovente vi trovate eziandio speculazioni e pensieri ond' egli viene del proprio accrescendo la scienza.

Il che tutto essendo mio ufficio mostrarvi, mi studierò di farlo toccandovi in compendio quant' egli espone distesamente, e tenendomi, per quanto il soggetto me lo consenta, ai nostri studi vicino.

Quanl è compreso in questo primo volume o prima parte dell' Opera del Sig. Avogadro non risguarda punto al movimento del calorico, mo suppone costante la temperatura dei corpi, o quel fluido invariabilmente equilibrato. Va divisa in due libri, ciascuno de' quali in capi ed articoli: il

secondo poi in due principali sezioni, delle quali è mestieri a ben distinguere la grande ampiezza della materia che vi si tratta.

In quelle è ragionamento sulle molecole dei corpi, sulle forze interne onde sono rattenute allo stato d'equilibrio, e la forma della funzione analitica esprimente le dette forze, o meglio l'elemento di essa, vi è presa dal Sig. Poisson, e risponde alle due condizioni della legge Newtoniana per le distanze assai grandi, e dell'altra ben più rapida (ch'è appunto la molecolare) per le picciolissime. S'accenna ben tosto la possibilità di più altre forme per le quali s'avrebbe ancora adempiuto a quelle condizioni: onde poi viene che nel calcolo degli effetti delle azioni molecolari non debbasi aver riguardo che a quelle proprietà le quali a tutte le delle forme convengono, e stendere perciò larghissime la generalità de' supposti e delle deduzioni, com'è mostrato più innanzi, rimettendo poscia alla sperienza l'accertare, per quanto è dato, le veraci leggi della Natura.

Seguono nel secondo capo le dottrine e gli stromenti per l'investigazione de' pesi specifici, e quanto a questo soggetto s'attiene, v'è tutto distesamente spiegato; per avventura con apparenza di soverchia minutezza e diffusione. Dal quale eccesso, che qui e non di rado acco altrove occorre, è quel difetto (s'io pur non erro) di buona corrispondenza e scambievole preporzione fra le parti di questa grand'opera, delle quali alcune, e forse le più rilevanti alla teorica, vanne spoglie di quel corredo di primarie dimostrazioni, cui pure s'avrebbe fatto utilmente luogo riedendo o stringendo in parecchie altre parti.

La meccanica e fisica costituzione dei corpi solidi è oggetto delle due sezioni del seguente libro, e della prima in ispecie la natura delle forze molecolari che reggono quello

stato della materia ponderabile, risguardando ad ogni direzione per entro la massa. Tratta la seconda di quelle esterne e regolari conformazioni che pigliano i corpi in passando lentamente dallo stato liquido al solido, e s' appellano *cristallizzazioni*. E cotali forme hanno pur esse radice nella natura delle forze molecolari, e nella disposizione degli atomi, e intravedere le quali talvolta ci sono lume.

E mandata innanzi un' idea generale sulle forze che legano le molecole all' equilibrio ne' liquidi e nei solidi, ma specialmente in questi ultimi, sull' ipotesi dei poli attrattivi e ripulsivi, sull' azione del calorico onde sono le altre variamente modificate (il che tutto, come in ogni altro libro, è anzi lavoro d' ingegnosi supposti che di verità provate o per l' intrinseca difficoltà possibili a provarsi), discorre il Cav. Avogadro le condizioni di fragilità, duttilità, malleabilità, gli effetti spessa e sè medesimi opposti or della tempera or della cottura, la tenacità, la durezza dei corpi, e rapportando le belle esperienze di Muskembroek, Guyton Morveau, Tredgold, e più altri, s' adopera, e il più delle volte felicemente di mostrarne la dipendenza dalla costituzione molecolare. Di grande momento è sovrattutto quella serie di sperimenti che gli stessi fisici, ma principalmente Gersiner, presero dei fili, delle spranghe, e delle lamine d' acciajo e di ferro, alla cui resistenza tanta parte è affidata delle moderne costruzioni. I grandi ponti e funi non torte di ferro filato si reggono pressocchè interamente per questa forza, della quale il ponte gettato da pochi anni in Padova può esserci vicino e bastevole esempio, e benchè men dappresso certamente sovra molti maravigliosi il lunghissimo di Friburgo. Non v' attendiate tuttavia fra i risultamenti trovati dai diversi autori quell accordo che la semplicità delle sperienze vi potrebbe di prima vista promette-

re; avvegnacchè per minime e sovente anco non ben conosciute condizioni di temperatura, di raffreddamento, di purezza, di compressione, di tempera primamente avuta dai metalli, notevolmente cangi quel peso sotto cui fiaccano, o cominciano a prendere durevole forma di misurato allungamento. Il perchè agli avveduti e prudenti ingegneri sarà legge costante il non gravare la resistenza del ferro oltre ben poca parte di quell'estremo carico che le assegnano que' scrittori, o meglio anzi giovarsi de' loro metodi a tentare con esatti sperimenti la forza del metallo che saranno per porre in opera.

Considera il capo terzo l'elasticità dei corpi sodi e sotto il doppio rispetto della teorica e della sperienza. A questo luogo comincia l'Autore a metter piede nel campo della meccanica, e rintracciarvi la figura della verga elastica, sulle orme di Giacomo Bernoulli, e le principali circostanze di suo equilibrio dietro i men lontani geometri. Pone le leggi sulla forza di torsione dei fili metallici, alle quali s'attiene il magistero di quel sensibilissimo e per esattezza altrettanto pregevole apparato della bilancia di Coulomb; l'ottimo di quanti abbia la fisica stromenti con che misurare le minime forze e specialmente le tensioni elettriche e le intensità del magnelismo. Agli studi e sperienze di fresco pubblicate dal Weber è però dovuto il rilevantissimo avvisamento intorno alle due ben diverse velocità con che le molecole del filo, e generalmente del corpo elastico, sviate dalla prima lor posizione, a questa rinvengono. La maggior parte di questa oscillazione si fa assai velocemente, con grande lentezza l'avanzo; il che importa nelle successive continuate vibrazioni un alterno dislocamento del centro dell'azione elastica, al qual fatto, più eziandio che alla resistenza dei mezzi, è da recarsi quello sminuire in ampiezza

delle oscillazioni, e ben tosto quetare del tutto come resti la forza esterna onde prima fur mosse. Questo medesimo trovalo accennerebbe ancora inesattezza nella stessa bilancia di Coulomb e nel costante rapporto fra l angolo e la forza di torsione, se non che la finissima tenuità del filo, col cui diametro aumenta, rende appieno insensibile quell' errore.

Prova chiarissima del valore del calcolo nelle fisiche speculazioni è certamente a dirsi quella Memoria che il Sig. Poisson dettava l' anno 1828 sull' equilibrio e sul moto dei corpi elastici, nella quale raccostando le astratte dottrine meccaniche più dappresso alla Natura, e traendole at easo della materia discontinua, e delle forze molecolari, s' adoperava di stabilire direttamente le proprie leggi della elasticità. E ancorchè, come addietro fu detto, gli mancasse la forma analitica che quelle forze misura, ei seppe contuttociò dalle sole proprietà della sensibile azione a menomissima distanza, ed insensibile ad altra alquanto maggiore benchè come quella impercettibile, non che dalla brevissima estensione degli atomi, dedurre le conseguenze stesse che la sperienza appunto ci mostra, confermando e suggellando così per vere quelle speculazioni. Il moto pertanto de' corpi elastici, sul disegno del Sig. Poisson, piglia gran tratto del presente libro, e v' è ragionamento delle corde, delle spranghe, delle membrane che oscillano. E qui il Cav. Avogadro, com' era d' uopo, si fa a parlare de' tuoni che il numero delle vibrazioni misurano, e con esso la velocità di questi movimenti. Cagione tuttavia di grande maraviglia (nè lo saprei invero mandarnelo del tutto assolto) è ch' egli sì lungamente in ciò si trattenesse, o s' arrestasse eziandio a svolgere la teoria de' tuoni di combinazione o, come prima furono appellati, di Tartini, musico illustre che ne scrisse innanzi d' ogn' altro. Ei reca in mezzo le più recenti osserva-

zioni di Young, dell'Alemanno Weber, dello Svezzese Hallström, il quale studiandosi del miglior metodo per accordare gli organi, ed insieme della conoscenza degli effetti di movimento composto ond'è cagione lo scambievole occorso delle onde sonore, sembra essersi veramente apposto, e tutte aver notate le molte e varie successioni de' tuoni di combinazione, ancorchè la loro diversa e le più fiate lievissima intensità non lasci ben tutte avvisarle e raccoglierle che ad orecchio di finissimo senso e di lunghissimo esercizio. Ma quanto tutto questo lontano si tenga dal principale soggetto del libro del Sig. Avogadro ben v' avvedete, e il getto del tempo e spazio cui fu egli tratto perciò gli si vorrebbe forse eziandio leggermente passare, dove per simil guisa avesse a suo luogo dichiarati e svolti i principii analitici e l' equazioni sulle quali s' appoggiano i diversi teoremi sulle vibrazioni delle corde, delle spranghe, e degli altri corpi sonori: il che quanto, per mio avviso, affacevasi maggiormente all'oggetto e all'intendimento dell'opera, altrettanto avrebbe meglio adempiuto il desiderio, anzi l'uopo, dello studioso lettore da Lui lasciato per questa forma nelle parti di principale rilievo, solo ed al oscuro. Aggiungete che un fondamentale principio tien le veci d'un luogo seguito di conseguenti, e senza punto perdere della sostanza, guadagna di spazio.

Il più dell'altra sezione che compone il secondo libro va nella teorica della cristallizzazione, della quale geometricamente dapprima, poscia sotto il rispetto fisico vi dà il Sig. Avogadro un bene ordinato e disteso trattato. Questa parte della sua opera, comecchè non senza nota di soverchia estensione, è per avventura la meglio svolta e spiegata di ogni altra: e le dottrine fisiche del fondatore di questa novella scienza, il celebre Haüy, e quelle geometriche degl' in-

signi cristallografi di Germania Weiss e Möbs, vi trovate chiaramente esposta. Nè vi manca pure la descrizione e l'uso degli stromenti cristallografici, nè quella teoria del goniometro di Wollaston che al Sig. Kuppfer valeva l'anno 1822 il premio nel concorso proposto dall'Accademia di Berlino. E il passo più agevola a disteso di cui move in questo luogo l'opera del Cav. Avogadro, se mal non veggo, vuola ascriversi alla natura dei calcoli relativi, i quali benchè non possano sempre chiamarsi semplici, non escono tuttavia dal confine dell'analisi finita, nè montano se non di rado al calcolo sublime. E poichè all'Autore piacque fingersi il lettore poco avanzato nella disciplina matematica; cercando maggiore facilità si tenne dall'entrare (ova anco sarebbe stato mestieri a compiere il suo lavoro e ben dichiararne ogni cosa) a dallo spaziarsi fidatamente nei calcoli più elevati. Il quale divisamento non vorrà certo menargli buono chi ponga mente alla natura delle materie trattate e all'uso che del calcolo sublime, oggimai troppo commune e necessario, suol farsi in pressocchè tutti i corsi di fisica che alquanto si alzino dai primi elementi.

Fra le più osservabili ed utili meccaniche deduzioni che dalla teoria geometrica e fisica della cristallizzazione si trassero dà moderni scienziati dee noverarsi la diversa elasticità secondo le diverse direzioni per entro le masse cristallizzate, e la legge che la governa. Questa mirabile proprietà è resa manifesta, meglio ezandio che per le prove meccaniche dirette, pel vario dilatarsi e ristringersi dei cristalli nelle varie direzioni al montare e allo scendere della temperatura, e pel doppio rifrangersi della luce che li attraversa fatto, la cui espressione analitica nel più semplice dei casi trovata già dal grande Huyghens, venne testè nella sua piena generalità dedotta dalle sole leggi della varia elasticità

dei mezzi omogenei per l'acuto intelletto e gli accorti sperimenti dell'immortale Fresnel, e con sì agguisati principii a sì certo riuscimento da trovar poscia l Hamilton, il Lloyd ed il Brewster nell'equazioni da lui lasciate, la traccia di non per anco osservati e difficilissimi fenomeni che in tutto alla teoria conformi svelò poi la Natura.

Il Cav. Avogadro (che attenendosi al suo proposto non poteva entrare in quelle dottrine degl'imponderabili) insegna come avere dai soli meccanici esperimenti la misura della elasticità de' cristalli nelle diverse direzioni comprimendoli secondo alcune poche e determinate, dalla quantità delle quali compressioni conchiude la grandezze dei coefficienti nell'equazioni d'elasticità date da Fresnel e Poisson che n'esprimono le leggi, e scorgono alla conoscenza degli assi principali. Questa parte (che io direi quasi appendice della teorica della cristallizzazione) è seguita dalla descrizioni degl'ingegnosi sperimenti onde l'illustra ed infaticabile Savart con tavolette di legno tagliate nei strati più esteriori del tronco di grandissimo albero imitando la costituzione elastica dei cristalli (i quali, attesa quelle loro sempre esili dimensioni, si rendono malagevoli all'uopo ed alle prove dello sperimento acustico) trovò come riconoscere nei suoni e nelle configurazioni delle parti vibranti la verità delle antecedenti deduzioni.

Dalle dottrine della cristallizzazione alle ricerche teoriche intorno alla ragione fisica di essa è un passo diretto e brevissimo ma del pari difficile. E perchè il nostro Autore si fa tosto a spiegare le ipotesi da parecchi a ciò imaginate sulla forma, aggruppamento, e forza polare degli atomi. Svolge con maggiore lunghezza quelle di Wollaston, e di Ampère, e la più recente di Emmel che vuole tutte le molecole dei corpi sferiche e poste a contatto ingegnandosi di

abbattere le contrarie opinioni dei primi. Ma quelle, e vie meglio la seconda dovuta al Sig. Ampère teogonsi tuttavia contro de' suoi assalti ancorchè in più luoghi manchevoli, e (atteso la natura stessa de' fatti) non possibili a verificarsi. Nè in questo è da credersi (per mio avviso) la più notevole imperfezione, ma sì nello stesso lor fondamento che in poca parte alla natura della cosa o pressochè tutto s' appoggia al talento e alla mente dell' inventore. Troppo è lunge dagli argomenti che sono in nostra mano il profondo di tanta questione; nè, pel continuo progredire d'ogni altra parte della Chimica, questa avanzò d'egual passo. E ben vi si mostra aperto e a quelle stesse teorie che testè v' accennava, e meglio per avventura a quelle della Chimica atomistica; nella quale, benchè in più luoghi non le manchi il sostegno del vero o del probabile almeno, tanta ancora è l'oscurità o l' incertezza, da non trovarvi concordia fra i diversi scrittori, nè eziandio fra gli scritti d'un medesimo a varii tempi. Il Cav. Avogadro che datosi con profondo studio e per lunghi anni a tali ricerche, riusciva a parecchie rilevanti considerazioni e segnatamente sulla necessità di aver riguardo alle qualità elettropositive o negalive degli atomi nella teorica delle combinazioni chimiche e nella stima della densità dei composti; egli stesso in questa sua Opera viene tentando su questo campo delle moderne teorie dove ben regga al piede e dove ceda il terreno. Già allo stesso quarto capo della prima sezione di questo secondo libro, ragionandovi delle relazioni fra la grossezza e distanza degli atomi ne' corpi solidi colla loro densità, vi avvisava il difettivo e il falso delle formule proposte in una lunga Memoria dei Signori Royer e Dumas; e quivi pure nota nelle dottrine del Sig. Volta sull' isomerismo e sull' isomorfismo quanto vi occorre d' incerto e supposto.

Con bella mostra di promesse e speranze or si fa guida in sì disagevole cammino quel curioso ottico fenomeno della polarizzazione circolare della luce, divenuto in mano dell' illustre Biot prezioso istromento a riconoscere i componenti delle organiche soluzioni. Ei n' abbe ancora onde avvisare i diversi stati delle sostanze dimorfe ed isomere, e trovò fra lo zucchero di canna (o si tragga da essa, o dalla barbabietola, dalla carota ed altri vegetabili), e quello d' uva (cavato eziandio da altre frutta) diversità nel senso e nella quantità di che rota, per eguale cammino, il piano di primitiva polarizzazione del raggio lucido che attraversa le loro soluzioni egualmente concentrate. La prima lo volge a destra, la seconda a sinistra. Il che non cagionerà maraviglia a chi noti come l' isomerismo in null' altro essendo riposto che nella diverse disposizione degli stessi atomi o molecole, la direzione delle vibrazioni luminose che le solleticano, anco per sola varietà dell' azione meccanica, uscir possa per varie guise tramutata e rivolta. Ed appunto da questo tramutamento è ragione lo sperare di farsi, quando che sia, scala allo scoprimento dell' accennata varia disposizione degli atomi.

Con tali rilevantissime considerazioni il Cav. Avogadro chiude il primo volume di questo suo grande lavoro, nel quale tanta copia di scientifiche dottrine raccolta dalle opere de' più insigni fisici e matematici, e dalle memorie sparse negli Atti delle diverse Accademie, si trova con saggio accorgimento ordinata. E ancorchè, siccome altrove accennai, non paja egualmente degna di lode ogni sua parte; quest' opera vuol però risguardarsi come un vastissimo quadro nel quale stanno ritratte e poste in veduta le presenti cognizioni in quanl' è il tenere de' fisici studi. L' ordine e l' aspetto, onde quelle alla mente del filosofo si rappresen-

taeo nell' Opere del Cav. Avogadro, giovano sovrattutto al conseguimento di due rilevantissimi fini; l'uno è la mostra del luogo, della vastità, e del grand' utile che si avrebbe dal ragguagliare quelle tante lacune che tuttavia rimangono in questa parte dell' umano sapere, l'altro è il mettere sott' occhio i punti di più stretto avvicinamento, e meglio svelare quello scambievole universale legame che tutte abbraccia ed affratella le scienze della Natura.

Laonde se il Cav. Avogadro non è ancora tra 'l novero de' nostri compagni, ben è degno (quando eziandio gli mancassero que' tanti altri titoli ond' è illustre il suo nome) ch' ei venga accolto fra i Soci Onorarii: del qual divisamento l'Accademia nostre non riceverebbe, per mio fermo avviso, meno di onore e di lustro ch' Ella non fosse, con quest' atto, per compartirgli.

10 *Aprile* 1840

LETTURA SECONDA

EGREGI ACCADEMICI

Il rendervi conto, Egregi Compagni, del secondo volume della fisica de' corpi ponderabili del Cav. Avogadro mi sarà lavoro di men fatica o lunghezza che non mi fu il ragionarvi delle cose contenute nel primo, ancorchè questo non pur lo pareggi ma lo avanzi in numero di pagine che vanno assai dappresso al migliajo. Ma alla più breve esposizione di queste nuove materie mi gioverà non poco l'avervi già tocche quelle più generali dottrine onde queste discendono: e mi accorcia altresì notevolmente la via il numero ben più scarso dei soggetti quivi tolti a trattare dal chiarissimo Autore.

Questo secondo volume è da risguardarsi per l'ordine, ma più e meglio per la condizione delle materie siccome immediata continuazione del primo, che in questo entra e prosegue; formandosi così d'ambedue una sola parte di questo grande trattato fisico; ed è quella in cui non è preso conto della temperatura dei corpi. E poichè ampiamente

s' ebbe già nell' altro tomo discorso della fisica costituzione dei solidi; in questo è fatto luogo allo studio della forza molecolare de' corpi fluidi; e de' liquidi prima, degli aeriformi dappoi: ond' è tosto la chiarissima e spontanea divisione di questo sì vasto campo.

E facendomi tosto al primo ripartimento, eccovi posta alla fronte alcune considerazioni generali sull' azione della forza molecolare ne' corpi liquidi. Questi all' occhio della meccanica razionale appariscono siccome materia continua infinitamente divisa in molecole perfettamente movevoli in ogni senso e ad ogni benchè menoma forza. Agli occhi della fisica si mostrano invece composti di particelle, ancorchè minutissime, pur di grandezza finita e di forma determinata, e l' una sull' altra operanti in virtù della forza lor propria, ma collocate a tale distanza le une dalle altre da non riuscire sensibile la parte di loro scambievole azione ch' è dovuta alla forma; dal che segue e la costante configurazione attorno a ciascuna molecola del sistema di quelle tutte che ne risenton l' azione, ed il propargarsi nel fluido equilibrato la pressione inalterata per ogni verso. E la moderna meccaniche dietro il bell' esempio dei Signori Poisson e Cauchy discese dalla semplicità di quel primo men vero supposto alle proprie condizioni della Natura svelateci da più accorti ed esatti sperimenti, cominciarono già a farne soggetto de' loro calcoli: onde avvenne che questa medesima impresa fosse, e specialmente ai due geometri testè nominati, occasione alla ricerca di nuovi principii meccanici; accusando così col fatto gli antichi d' insufficienti. Se non che entrato, non ha guari, a meglio studiarne lo spirito ed il valore il chiarissimo Sig. Piola seppe, con una lunghissima ed altrettanto dotta Memoria mandata in luce negli Atti della Italiana Società, vendicare al grande principio Lagrangiano

delle velocità virtuali ed al metodo maraviglioso della Meccanica analitica l'onore e la possanza di farsi soggetta dal pari che le antiche le novelle questioni, dove opportuno gli venga accompagnato l'ajuto di que' moderni bellissimi trovati di Matematica sublime negl' integrali definiti, pei quali il calcolo è portato (dirò colle sue parole) alle viscere de' problemi. Frattanto notevolissimo è il risultamento cui riescono siffatte ricerche, ed è la forma delle equazioni esprimenti l'equilibrio ed il moto de fluidi, diversa alquanto dalle avute fin qui: nel che sovrattutto osservabile è il cangiamento di quelle del moto, alle quali non pure (come nelle altre dell' equilibrio) prendon parte le azioni molecolari, ma la pressione v'è mostrata variabile nelle diverse direzioni; il che vuole recarsi a ciò che la figura di quel sistema di molecole di che vi parlai più sopra rimanendo pur sempre la stessa nello stato d' equilibrio, cangia invece nell' altro del movimento, mancando alle molecole correnti il tempo di pigliare il lor luogo: della quale considerazione è grande uso a rilievo nei moti di rapidissima velocità, quali sono quelli delle vibrazioni sonore.

Quel fenomeno dal quale è messa più apertamente in veduta la vicendevole azione delle molecole fluide è senza dubbio la capillarità. Parecchi fisici e geometri vi si adoperarono intorno a gara per iscoprirne le proprie leggi, quelli interrogando la natura cogl' ingegnosi sperimenti, questi argomentandosi dedurle da ipotesi più o men probabili e facili col magistero della geometria e del calcolo. Ma delle molte verità tratte così alla luce e sparse qui e colà per gli scritti di quegli autori primo seppe veramente giovarsi all' avanzamento della scienza, il sommo Laplace collegandole in bene ordinato sistema nell' appendice al Decimo dei libri della sua Meccanica Celeste. Contuttociò sì bell' opera

non fu trovata poscia fedele al rispondere co' suoi risultamenti ad ogni nuovo fenomeno che si venne scoprendo: onde fu che testè il Sig. Poisson fattosi già addentro nelle condizioni d'equilibrio de' corpi fluidi, ed armato di tutti gli argomenti del calcolo moderno (ond' era in lui tanta la vastità del sapere e la possanza della mente) trovasse come più sodamente fondare questo ammirabile edificio facendovi opportuno luogo a' fatti novellamente scoperti. Il nuovo elemento fisico al quale abb' egli perciò ricorso è la rapidissima variazione della densità del fluido nelle sue parti vicinissime al corpo straniero che lo tocca: e questo principio, che la buona ragione Meccanica ed i naturali fenomeni delle adesioni alle pareti e della evaporazione alla superficie mostrano tutto conforme al vero, dato a lavorare a quelle mirabili ingegnose macchine de' profondi suoi calcoli, ne uscì ricco e fregiato delle più splendide dimostrazioni degli antichi e de' moderni fenomeni.

Questa grande teória mandata in un grosso libro alla luce dal celebre Autore è raccolta dal Sig. Avogadro nel capo secondo del terzo libro del suo trattato, ed è tanto vi si distende da prendere pressocchè la metà dell' intero volume: e ciò pel suo frequente allargarsi a luogo a luogo per farvi campo a parecchie fisiche dottrine ch' egli assai destramente v' innesta.

Io non entrerò in questo largbissimo spazio ove mi sarebbe mestieri arrestarmi del continuo intorno a speculazioni teoriche ed analitiche, lontane troppo da' nostri studi, e nelle quali eziandio il Sig. Avogadro non sortì per avventura in ogni luogo la convenevole chiarezza d'esposizione. Mi basti l' accennarvi un assai ragionevol pensiero proposto la prima volta dal Sig. Poisson sulla direzione della superficie liquida presso l' orlo d' un corpo, ed è che

senza mutare sensibilmente il suo contorno può la detta direzione prendere valori tra loro diversissimi attesa la fisica configurazione dell' orlo del corpo, ove anzichè una linea continuata si trova invero una serie di molecole anzerchè picciolissime, pure tra loro in effetto distinte a tali da lasciarsi girare attorno il liquido, che serbando (siccome innanzi è dimostrato) un angolo costante colla lor superficie, acquista per tal guisa inclinazioni diverse rispetto a piani fissi, secondochè s' arresta ad una o ad altra parte delle anzidetta molecole. Aggiungerò altresì come il Sig. Poisson abbia trovato nelle azioni capillari, nella forma e larghezza da' forellini, nell' attrito che rattiene il movimento del liquido, onde bastavolmente spiegare quei fenomeni dell' endosmosi pei quali il primo osservatore, il Sig. Dutrochet, aggiratosi fra tante a contrarie congetture volea pure aver discoperto nuove ed arcane specie d' azione.

Dietro la teorica dei fenomeni capillari accompagnata dal corredo di convenevoli sperimenti, è detto del moto dei fluidi pei tubi di picciolissimo diametro sulle orme dei Signori Navier e Girard; de' quali il secondo nel tomo IV della Memorie della Reale Accademia di Parigi metteva alla luce un lungo scritto sulla atmosfere liquide. Ma le idee teoriche di questi Autori non troppo in sè stesse probabili ed i risultamenti poco alle sperienze conformi, lasciano tuttavia pressocchè ignote le vere leggi di quei movimenti.

Prenda poscia il Sig. Avogadro a studiare l' influenza delle forze esterne sulla costituzione dei liquidi, e la loro compressibilità, ove i belli sperimenti di Zimmermann, di Oersted, di Colladon, di Sturm, di Despretz, sono con ordine esposti. La correzione dei numeri dati dai piezometri, o misuratori della pressioni, vi trae con sè la nuove

teorica del Sig. Poisson intorno i cangiamenti di volume d'una crosta sferica compressa sovr'ambedue le superficie.

La seconda parte di questo volume ragiona, come già v' accennai, della Costituzione de' fluidi aeriformi. Vi si mostrano le differenti guise di barometri, ed il come correggare le misure osservate. Parve eziandio al nostro Autore potervi legare non pure la spiegazione dell' uso meteorologico di siffatto istrumento, ma recare anco in mezzo i risultamenti meteorologici notati da parecchi osservatori sotto le diverse latitudini e longitudini. Nel che tutto se vi piace e vi reca maraviglia la copia della sua erudizione e la contezza di singolari sperienze (come son quelle che per consiglio ed opera del Sig. Daniell furono fatte in Inghilterra con barometri ad acqua), non vi piacerà tuttavia altrettanto che nel trattato della fisica Costituzione de' corpi s'innestasse un altro pressocchè completo trattato meteorologico del barometro, argomento che si leggermente s' attiene al primo.

La legge di Mariotte e seco la descrizione degli apparati pneumatici che la palesano, prendono gran parte di questo primo capo; e benchè possiate a più luoghi notarlo (specialmente nella applicazioni a macchine a giuochi communissimi) di lunghezza, contuttociò la rilevante materia non lascia gran fatto affievolire l' attenzione di chi legge. E ben tosto vi riconduce al cammino principale lo studio della cagion fisica di quella legge, ove s' espongono le considerazioni di Newton, poscia quelle più esatte di Ampère, nella qual tuttavia il nostro Autore trova che ragionevolmente riformare. Da ciò tutto si deduce come assai probabile il difetto della legge stessa nelle pressioni estreme, della qual cosa faranno poi certo il lettore gli sperimenti riferiti nel terzo capo.

È detto nel secondo del movimento de' fluidi aeriformi e dapprima dell'uscita de' fluidi stessi per anguste aperture. Benchè poco si avanzasse in questo cammino la teoria e la sperienza, pur viene il nostro Autore nel primo paragrafo raccogliendo quanto da circa quarant'anni fu dato trarre alla luce. Laonde vi parla con Banks della contrazione della vena fluida, come ne' liquidi eziandio ne' gas correnti; vi spiega sott' occhio i diversi sperimenti sui gazometri fatti dai Signori Faraday, Girard, Lagerhielm, Schmidl, Koch, D'Aubuisson, Hachette; e reca i risultati della teoria che Navier proponeva di questi fenomeni ancorchè vi trascurasse l'attrito. Mette fine a questo paragrafo l'esposizione del curioso fenomeno fatto la prima volta osservare dal Sig. Griffi ai Signori Thenard e Clement nella fucina di Fourchambault. Una valvola piana copriva un foro sulla parete d'un mantice di enormi dimensioni: quando volea farsene uscire una corrente aerea con grand' impeto e velocità, la detta valvola anzichè esserne cacciata dinanzi e rovesciata sulla parete, (com' era da attendersi) vi si faceva in quella vece continuamente vicinissima reprimendo così lo sfogo all'aria ed obbligandola ad assottigliarsi sotto di sè. La spiegazione data dal Sig. Clement, che, avvisata la maggiore estensione della valvola sopra quella del foro, trovava in quello spazio divergente fa la parete del mantice e l'eccesso della valvola stessa una somiglianza assai propria colle condizioni d'afflusso de' liquidi ne' tubi conici, nel quale la pressione interna riesce negativa; è pure la spiegazione che meglio d'ogn' altra fu trovata rispondere dai Signori Biot, Navier, e Poisson eletti dalla Reale Accademia a riconoscere il fatto, e far esame della Memoria del Sig. Clement. Frattanto rilevantissima è la conclusione cui ci troviamo condotti, vo' dire

il grande accorgimento di ch' è mestieri nella formazione delle valvole di sicurezza nelle macchine a vapore, per le quali essendo aprirsi libero sfogo al soverchio di tensione del fluido elastico non rimarrebbe che il passo d' una tenue fessura, a tanto più sottile e periglioso quant' è maggiore lo sforzo e le masse fluide che pur debbe uscirne.

Il secondo paragrafo, che ragiona delle vibrazioni dei fluidi aeriformi è da risguardarsi come parte d' un trattato d' Acustica. Vi si parla della propagazione del suono per l' aria atmosferica, ed esposta la teoria generale di questo fenomeno data da Newton e Poisson, vi si mostra come La Place nello svolgimento ed assorbimento successivo del calorico per le condensazioni e rarefazioni sonore, trovasse onde accordare i risultati con quelli delle osservazioni. Questo non è tuttavia più che un cenno, bisognandovi a meglio svolgerne i principii la conoscenza delle leggi del calorico, alle quali è serbata la seconda parte dell' Opera. Ciò che dell' aria è detto degli altri fluidi aeriformi, nei quali così, con mirabile colleganza di teoriche e di fenomeni, è dato riconoscere il rapporto fra le due capacità pel calorico, a volume ed a pressione costante, dalla velocità del suono per entro le loro masse, od anco, siccom' è palese dai primi elementi acustici, dal tuono che dentro di quelle manda un tubo di data lunghezza.

Nel secondo articolo tratta il Sig. Avogadro la propagazione de' suoni continui e delle vibrazioni dell' aria e de' gas nei tubi. Vi campeggia la bella teorica del Sig. Poisson intorno i tuoni musicali dei tubi, ancorchè vi si trascuri l' influenza delle imboccatura, delle qual condizione fece poi l' Autore stesso vasto soggetto di studio altrove. Ben vi compajono le osservazioni e le formule di Bernoulli e di Weber sull' effetto delle suddetta imboccatura, e sugli ov-

visamenti necessari a chi prende ad accordare gli strumenti a linguetta, e sovrattutto gli organi: nè vi mancano le recenti osservazioni dell' operoso e sagace Savart sulle superficie nodali delle masse aeree vibranti.

Assai acconciamente seguono le meglio stabilite dottrine sulla voce umana. E primieramente l' opinione di Dodart che fin dall' anno 1700 rassomigliava l' organo vocale ad uno strumento a linguetta, ove il luogo di questa pigliano le due lamine membranacee della glotta messe in movimento dalla corrente aerea spinta dai polmoni, e possibili a tendersi con varia forza dai muscoli tiro - aritnoidei. Di queste teoria, già per oltre un secolo universalmente ricevuta, ora con più assai di ragione viene esclusa invece quella del Sig. Savart Egli, mostrato dappprima gran difetto di probabilità in quella testè accennata (siccome avente pressocchè inutili i ventricoli, i legamenti superiori, e le due piegature della mucosa) propone di risguardare la voce umana come prodotta dall' alterno condensarsi e dilatarsi dell' aria entro la cavità laringea, i cui estremi s' aprono in fori di piccolo e variabil diametro secondo il diverso tendersi de' legamenti vocali, dei muscoli tiroaritnoidei, e de' legamenti superiori; della guisa appunto che da quei minuti istromenti in forma di bravi tamburi, che usiamo all' uccellagione, si traggono suoni di varia acutezza. Il rimanente del tubo vocale, e più che altro la forza elastica delle sue pareti, determina le condizioni proprie alla formazione d' uno anzichè d' altro tuono, com' eziandio della sua qualità, o come la dicono i francesi *timbre*: del che tutto lo stesso Savart con acconci apparati imitando la forma e gli atteggiamenti dell' organo vocale dà in prova parecchi ingegnosi sperimenti. E bello è a vedersi come per somiglianti principii sia reso ragione di quella facoltà che gli uccelli (cor-

piccioli sì minuti!) hanno pur mirabilissima di produrre nell' esili lor gole suoni di tanta estensione musicale, e di sì vivace intensità. Sopra la forza elastica assai osservabile delle loro trachee, siccome formate di anella cartilaginose, è da notarsene la doppia imboccatura, in che dagli altri animali si differenziano, e dal quale semplicissimo ma altrettanto adatto magistero la mano sempre stupenda del Creatore trasse (come ben mostrò quell' abilissimo fisico) effetto sì portentoso.

Viene ora il Sig. Angadro alla curiosa questione: in che stiano le meccaniche condizioni per le quali la voce umana si tempera in suono d'una o d'altra vocale. Eulero la credette riposta nell' atteggiamento e nella velocità che prendono al principio del moto le parti vibranti dell' organo, ovvero, come dicono gli acustici, nella forma della funzione arbitraria. Kratzenstein e Kempelen si fecero, sul termine del passato secolo, a cercarne dietro la scorta della sperienza su' tubi a linguetta, avvegnachè senza risultamenti di vera certezza e rilievo. Di fresco il Sig. Roberto Willis messovisi intorno con più di studio giunse a più probabile spiegazione. Uno stantuffo munito d' una linguetta transversale, come nello strumento appellato *Eolina*, mosso lungo un tubo cilindrico in guisa da raccorciarne od allungarne a talento la colonna aerea vibrante, gli fece palese come appunto dal rapporto fra la lunghezza d' ondulazione dovuta al tuono della linguetta colla lunghezza dell' anzidetta colonna aerea si faccia qual temperamento di suono che rende l' una o l' altra delle vocali. Egli vi trovò l' ordine secondo il quale progredendo tale rapporto, quelle si generano, e scoperse eziandio ciò accadere, con determinato periodo, onde conchiude, siccom' è invero, forsi copia al nostro organo d' una stessa vocale per varie guise

A por fine a quanto spetta alla trasmissione del suono per mezzo dell' aria, è descritta la forma dell' organo dell' udito, e spiegatone, per quanto è concesso alle attuali forze della scienza, l' artificio. Ma quanto della sua struttura fa palese al senso il taglio del ferro anatomico e la potenza di microscopi acutissimi, altrettanto del suo verace magistero si occulta all' intelletto, che diviso fra tanta varietà di membrane di ossicelli di forellini, e perduto entro que' giri e per lui verissimi labirinti di canaletti d' umori e di nervi, non sa bene assegnarne divisatamente a ciascuno l' ufficio, nè seguire il corso e i modi i temperamenti che ne prende avanzandosi il movimento di vibrazione. E chi sarà tuttavia che neghi celarsi in quest' opera misteriosa uno stupendo lavoro di ignoto ma sapientissimo magistero, quando nell' occhio troviamo ogni parte con al fine accorgimento congegnata e disposta qui a raccoghere, colà a temperare, altrove a correggere colla varia forma densità e posizione errori di sfericità e di rifrangibilità, mala da noi cessati con tanto ajuto di calcoli e di macchine eziandio ne' più squisiti ottici strumenti? E certo all' udito non è assegnato ufficio di minor rilievo e diletto, o si guardi al ministero della parola ed alla percezione de' suoni armonici: prodigio sublime, pel quale un semplice tremolìo dell' aria è fatto scintilla dell' umano pensiero, a cagione di soavissime commozioni al più profondo dell' anima.

Compiono questo secondo Capo 1.° la teoria delle vibrazioni sonore de' diversi fluidi aeriformi con esse le corrispondenti correzioni dovute al calorico sviluppato in quei movimenti, 2.° l' analogia fra le vibrazioni longitudinali de' corpi solidi e liquidi con quelle de' fluidi aeriformi, ove sono esposte le curiose recenti sperienze del Sig. Savart sulle

vibrazioni trasversali concomitanti le longitudinali delle verghe e lamine elastiche, messe in veduta da una polvere minutissima sparsavi sopra insieme colla sabbia, e la quale anzichè sui nodi di vibrazione, come fa questa, si raccoglie sui ventri, 5.° le considerazioni teoriche del Sig. Poisson, o a meglio dire i risultamenti delle varie analisi di questo geometra sul moto de' fluidi elastici dedotte dalle forze molecolari; fra i quali osservabilissimo è quello che svela l' esistenza di due specie di vibrazione, l' una che si fa sulla superficie dell' onda, l' altra normale a questa, cioè nel senso verso cui si propaga. Il rapporto delle due velocità di propagazione è il costante dell' unità alla radice di 3.

Il Capo terzo tratta la densità dei fluidi aeriformi sotto data pressione e temperatura. E qui nel primo paragrafo porge innanzi tutto le formule che la misurano, ed insegna poscia l' uso degli stromenti da ciò. Viene appresso una tavola della densità così calcolate dei gas più communi in natura.

Entra il secondo paragrafo nella disamina delle relazioni fra la densità dei fluidi aeriformi colla loro fisica costituzione; cioè nella ricerca dei rapporti fra le masse di lor molecole e le distanze scambievoli. Vi trovate esposta quella teorica opinione, oggi pressocchè universalmente ricevuta ed uscita benchè in germoglio la prima volta dallo stesso Sig. Avogadro, che risguarda eguali in tutti i gas a date temperatura e pressione le distanze delle molecole: sul qual supposto come su principale fondamento poggia la teoria chimica de' volumi. La semplicità dei rapporti fra i volumi de' componenti aeriformi d' una combinazione chimica sotto pressione e temperatura costante, e l' effetto nullo dell' attrazione fra le molecole d' uno stesso gas poste in piena balìa della forza ripulsiva del calorico rendono assai pro-

babile l'accennata dottrina Non è contuttociò sempre concordia tra i Fisici intorno le conseguenze che se ne traggono, ma v'ha chi ammette uno stesso numero di atomi in un medesimo volume de' diversi gas (posti alla medesima temperatura e pressione) altri, a somiglianza di ciò che accade dell'isomerismo e polimerismo delle altre sostanze, vuole aggruppati in una sola molecola più atomi. Quali sperimenti sorreggano il primo, quali il secondo parere viene svolgendo il Sig Avogadro

Della mescolanza de' fluidi aeriformi tra loro, ed in ispecie di quelli che compongono l'atmosfera è discorso nel capo seguente. Vi si descrivono le varie forme d'eudiometri, e più per diviso quello di Volta, ed il più moderno di Brunner; pei quali si fa nota la proporzione fra a principali componenti dell'atmosfera terrestre. Si avanza poscia il chiarissimo Autore alla famosa questione sulla forza che serba mescolati nell'anzidetta proporzione l'ossigeno e l'azoto. Egli mostra men che ogn'altra probabile l'azione chimica per la quale volle alcuno tener legate le molecole di quei fluidi. Espone il parere di Dalton sulla piena indipendenza degli stessi gas nel loro equilibrio, ai quali perciò, non che la chimica, ma vorrebbe eziandio levata la meccanica azione. Mostra finalmente quanto meglio si tenga al vero l'opinione di coloro che la mescolanza ascrivono alla forza elastica di quei fluidi per la quale da altro leggi che dalle idrostatiche n'è governato l'equilibrio. Bene osservabile è il conseguente cui mena questa teoria, vo' dire la coesistenza delle due atmosfere l'una entro l'altra e stese a diverse altezze: dal che si deduce ed una nuova correzione al barometro, ed una variazione della proporzione fra i due componenti l'aria atmosferica. Nè quella nè questa fu chi fino ad ora avvisasse attesa la lor picciolezza

entro i limiti delle altezze fino a qui toccate; volendosi avere per poca cosa eziandio la più sublime salita di Gay-lussac di sette chilometri. A questa deduzione era tratto pur Dalton dalla sua men vera dottrina, la quale riconosciuta ben tosto per debole e cascaticcia rovesciava poscia dal fondamento l'osservazione sul propagarsi del suono che non doppio, com'essa richiederebbe, ma semplice sempre si fa intendere eziandio a distanze grandissime.

Il mescolarsi che fanno due o più gas passando per attraverso membrane porose o sottilissimi forellini e fessure in proporzioni diverse (fenomeno somigliantissimo all'endosmosi ne' liquidi) è soggetto del rimanente di questo paragrafo, nel quale appariscono e gli sperimenti di Graham, e la legge, confermata ancora da meccaniche considerazioni, che fa gli efflussi de' fluidi aeriformi sotto eguale pressione proporzionali alla radice di lor densità.

Mette fine a questo grosso volume il Capo quinto, ov'è discorso dell'azione che i corpi solidi e liquidi esercitano sui fluidi aeriformi. Le diverse sperienze sull'assorbimento dei gas entro i liquidi vi sono esposte; e vengono da ultimo alcune teoriche considerazioni sulla probabile cagione dell'arroventamento della spugna di platino investita da una corrente d'idrogeno; il che sembra in gran parte dovuto alla condensazione dei gas entro i minutissimi e tortuosi meati di quel preparato metallico, il quale colla sua potente attrazione lo stringe a sè, e ne spreme il calorico latente. V'ha tuttavia più probabilmente concorso di parecchie nè appieno conosciute cagioni; del che non dee prendere maraviglia chi sa di quante incertezze ed oscurità s'avvolga ancora la conoscenza delle forze molecolari.

Eccovi pertanto, Egregi Compagni, messo in mostra quanto di più rilevante si comprende in questo secondo vo-

lume della Fisica de' corpi ponderabili del Cav. Avogadro. Ciò che del primo parmi dovervi ridire eziandio di questo Vastità d'erudizione, esattezza di principii, chiarezza d'esposizione, tranne per avventura in qualche parte della teorica dell'azione capillare; ma insieme ordine non bene del tutto divisato e distinto, ond'è il tornare più volte sovra uno stesso soggetto, inopportunità di digressioni, generalmente soverchia lunghezza. Non è contuttociò che i pregi non avanzino di gran lunga i difetti, de' quali per la natura stessa dell'assunto era al sommo difficile di guardarsi al celebre Autore di quest'opera colossale.

LETTURA TERZA

EGREGI ACCADEMICI

Da che vi resi conto del secondo volume della vasta Opera del Sig. Cavaliere Amedeo Avogadro sulla Fisica dei Corpi ponderabili, una lunga intramessa di tempo corse fino a questo dì, nel quale tolgo a parlarvi de' due tomi seguenti che compiono quel scientifico lavoro. E di entrambi appunto mi giova ad una volta tenervi ragionamento tra pel minuto suddividersi e particolarizzarsi della materia in essi trattata di guisa che poco v' abbia onde parlarne, com' è mio debito, in generale, tra pel successivo entrare e continuarsi l' una all' altra le parti che mal soffrono d' andarne staccate: il che a voi ed a me sarà vantaggio d' agevolezza e di brevità.

Benchè pel suo titolo stesso non dovesse quest' Opera trattare de' corpi imponderabili, non volea però tacerne del tutto.

Come il calorico così eziandio l' elettrico, il magnetico, la luce operano ne' corpi ponderabili de' chimici e de' fisici mutamenti; e divisalamente di quelli che formano principale

obbietto del trattato di che parliamo. Ma del primo soltanto vi si ragiona per non essere ben nota le leggi nè generale in tutti i corpi l'azione dei tre rimanenti.

Ora è questa parte seconda è assegnato il trattare della temperatura e della sua influenza sulla costituzione de' Corpi; il primo de' due libri, ne' quali va divisa, raccogliendo le nozioni, le teoriche, gli sperimenti sulla temperatura considerata in sè stessa, sulla sua misura, e sul suo rapporto alle quantità di calorico; il secondo spiegando poi gli effetti della varia temperatura sulla costituzione molecolare dei corpi.

È detto perciò innanzi tratto della temperatura, del calore condotto o repente, del raggiante, dello specifico, delle facoltà conduttrici interna ed esterna, della diatermaneità e della diatermansia, ovvero attitudine dei corpi ad essere traversati generalmente dal calore o particolarmente da quello ch' esce da determinata sorgente.

V' è fatto altresì molto acconciamente un cenno del come nelle due diverse ipotesi dell' emissione e delle vibrazioni possa spiegarsi la temperatura, ed il suo trasmettersi ai corpi per toccamento o per irradiazione.

L' esistenza del fluido etereo levata oggimai sopra ogni dubbio tra le fisiche verità per le osservazioni astronomiche sulle comete a breve periodo e pel riscontro felicissimo delle divinazioni del calcolo coi più difficili tra i fenomeni della luce, sembra a buon diritto doversi porre a fondamento di quelli eziandio del calorico, e fra i nostri il Melloni, dalle profonde vedute e dall' accorto sperimentare, e tra gli stranieri Ampère, fisico che fu e calcolatore a pochi secondo, se ne fanno sostenitori.

Il Sig. Avogadro destina perciò alcune pagine all' esposizione del sistema da quest' ultimo imaginato, cui, si pone

a solido fondamento l' esistenza dell' etere ed il solo principio meccanico della conservazione delle forze vive. Distingue le molecole dagli atomi, un sistema di questi equilibrato in virtù delle forze attrattive della materia ponderabile, e delle ripulsive dell'etere forma la molecola. Posson gli atomi entrare in vibrazione intorno i lor punti d'equilibrio, e di qui le ondulazioni calorifiche dell'etere, e possono altresì vibrare le intere molecole, e quinci le vibrazioni elastiche, ed il suono propagato nell' aria.

Le ondulazioni dei due mezzi operano similmente negli atomi e nelle molecole che incontrano tra via, eccitando in esse vibrazioni a quelle somiglianti ond'elle ebbero origine, del che si fa e lo scemamento, ed il ristoro in parte della forza viva nel primo sistema vibrante, cioè la comunicazione ed il ricambio della temperatura a del suono.

Nessuna o picciola distinzione rimane a farsi tra il calorico raggiante ed il condotto, se non quanto la densità dell' etere tra molecola e molecola certamente diversa da quella ch' esso ha negli spazi liberi ne fa in parte differenti le leggi E difatto (qualch' egli si voglia porre il principio teorico di cotali fenomeni) la disgiunzione delle minute particelle de' corpi essendo pure sì chiaramente mostrata, il calorico repente non può essere dal raggiante diverso. Il perchè il Sig. Poisson nella sua nuova teoria matematica del calore, in che si faceva a stringere più dappresso al vero gl' ingegnosi calcoli dell' illustre Fourier, non distingueva le due maniere di propagarsi il calorico entro e fuori d' un corpo che per soli coefficienti dell equazioni ond' è espressa la legge del raggiamento.

Questo sistema del Sig. Ampère sia pel certo de meccanici principii a che s' appoggia, sia pel probabile della più rispondente analogia co' fenomeni del suono e della luce ai

quali si lega, sia finalmente per quella cotale larghezza e copia di elementi tuttavia indeterminati, come forma, disposizione di atomi, direzione delle forze che li tengono equilibrati (elementi ne' quali è la ragione di altri fenomeni molecolari e la cui conoscenza dovrà appunto determinarli); questo sistema dissi sembra essere per salire quandochessia tra le verità ben dimostrate della Fisica, e frattanto volersi prendere da questo l' abbrivio alle più sottili ricerche della meccanica molecolare.

Nè passerò più oltre che non v' abbia fatto pur di passaggio avvisare com' eziandio ben s' accordi a certi nuovi e principali fatti della Chimica, ed a quella influenza della luce e del calore sullo stato fisico a chimico delle molecole: il polimorfismo trovandosi qui pianamente spiegato per le diverse disposizioni di equilibrio che aver possono gli stessi atomi a diversamente formare il sistema delle molecole composta, a simalmente la diverse attitudini de' composti isomeri e ricevere e modificare la vibrazioni calorifiche e luminose, come ad esempio nella polarizzazioni retto circolari ed ellittiche, fenomeni al Chimico rilevantissimi, e talvolta solo argomento per cui egli entri alle veraca conoscenza del corpo composto.

L' eccitamento scambievole delle azioni chimiche, meccaniche calorifiche, a luminose (com' è singolarmente cospicuo nelle polveri fulminanti, nei fenomeni di Daguerro, e nel calore d' attrito) è del pari naturale conseguenza del trapasso delle vibrazioni atomiche in molecolari e viceversa, donde pure i nuovi aggruppamenti atomici ossia i nuovi chimici composti con asso gli svolgimenti di calore e di luce che gli accompagnano, svolgimenti prodotti dall' attuazione al moto della forze impiegate già al primo equilibrio, e poscia fatte libere od più necessarie nel secondo

Il Sig. Avogadro continuò (e per la maggiore semplicità di linguaggio, e perchè il poco che ci è noto degli effetti del calore sulla costituzione fisica dei corpi non basta a fissare gli altri particolari e tuttavia indeterminati elementi nell'anzidetto sistema del Sig. Ampere) usa nel seguito di quest'opera delle più comuni espressioni che accennano all'ipotesi della emissione corpuscolare.

Entra pertanto a trattare della misura della temperatura, e della costruzione ed uso de' termometri. Possiamo a tal fine giovarci si de' corpi liquidi che dei solidi o degli aeriformi. Di questi ultimi è pregevol dote la prontezza del risentirsi con grandi movimenti ma singolare quella dell'esatta proporzionalità fra le loro dilatazioni e le quantità di calore comunicato. Tuttavia l'uso di questi corpi torna in pratica meno agevole che degli altri, atteso l'affetto variabile della pressione atmosferica alla quale nella ordinarie forme di termometro (le più adatte ai bisogni dei comuni sperimenti) farebbe d'uopo l'esporli.

Giovano i solidi alla misura delle maggiori temperature pel picciolo e lento aumentar del volume, e pel serbare a calori eziandio fortissimi la loro costituzione.

I liquidi, siccome posti frammezzo i solidi e gli aeriformi e partecipanti delle lor più utili proprietà, meglio in ciò si prestano agli studi della scienza ed ai bisogni della vita: ond'è che de' termometri liquidi appunto sia l'uso universale.

Tra questi va primo il mercurio per parecchi pregi, come sono la pressocchè esatta uniformità delle sue dilatazioni, la sua conducibilità (avvegnachè metallo), la facilità di averlo puro ed omogeneo.

Il Sig. Avogadro pertanto va per minuto divisando quanto s'appartiene all'arte di ben costruire i termometri a

marcurio, non pretermessi que' più fini accorgimenti e que' calcoli ai quali teste condussero più lunghe ed accurate osservazioni. Insegna altresì come farne uso negli sperimenti, e come correggerne le indicazioni da ogni effetto di cause straniere; e tali sono la dilatazione del vetro la capillarità, la pressione atmosferica sulla palla dello strumento, la variazione per calore od umido della scala, finalmente il cangiamento di sito de' suoi estremi dovuto, secondo l' avviso del Bellani che primo notollo, a cotale forzata posizione nella quale son tenute le particelle interne del vetro dalle più esteriori che prime raffreddando a rappigliandosi, vietano a quella il maggiore avvicinamento che pur vorrebbe la nuova temperatura: il quale stato finalmente a poco a poco raggiungono restringendo la capacità della palla.

V' aggiunge come a compimento una breve storia della invenzione e del perfezionamento del termometro da Galileo a Deluc; dal quale, meglio che dal Reaumur, vorrebbe appellarsi quella più usata a corretta forma dello strumento che abbiamo alla mano. E nulla m' accade notarvi in questa parte dell' Opera del Sig. Avogadro se non forse un fatto, ancorchè per doppia ragione italiano, pur poco men che ignorato fra noi. Al celebre Sig. Libri venne da più anni trovato nelle antiche sale degli Accademici del Cimento una cassetta con entrovi quegli stessi primi termometri da loro costrutti, ed ai quali si rapportano gli sperimenti allor pubblicati. Di que' tempi ne' quali più attente osservazioni non aveano peranco dimostrato quante condizioni fosser richieste alla esatta comparabilità di cotal fatta istrumenti, poteano quelle sperienze aversi per ben definite ed alla scienza giovevoli col solo corredo di brevi e generali indicazioni sul termetro usato. Ma volendo in effetto vantaggiarne la Fisica ci era del tutto mestieri aver tra mano

quel medesimo strumento al quale già furon falle per saperoe sceverare quant' era dovuto ad altra cagione che la sola temperatura. E ciò appunto potè il Sig. Libri ajutandosi di quell' avventuroso trovamento e de' ben condotti suoi calcoli, e ridonando così alla scienza ed all' Italia una gemma perduta.

La notizia tuttavia di questo fatto comparve in pubblico sotto spoglie francesi della quali pur ama ravvolgersi quel nostro dotto, se par assai parti laudabile, certo o parmi, non per quella in ciò di schietto amore di patria.

Suggella il Sig. Avogadro questo cenno storico colla giunta d' alcune, com' egli le appella, considerazioni sulla indicazioni ed uso dei termometri, nelle quali tratta la celebre quistione della esistenza dello zero assoluto di temperatura, e novera i diversi ingegni proposti da Fisici per la misura delle altissime temperature, fra i quali vogliono essere ricordati quello della contrazione dell' argilla pel maggior uso che se ne fa; quello delle vibrazioni acustiche dell' aria riscaldata, bel pensiero di Cagnard-Latour, e finalmente, per l' esattezza e facile applicazione, l' effetto del calore raggiunte su d' un ordinario termometro collocato a data distanza dalla sorgente calorifica.

Parla da ultimo de' termometrografi, della temperature medie, che insegna a dedurre dalle molte osservate co' metodi della quadrature fra coordinate rettangole e polari: aggiungendovi poscia un cenno sulle linee isotermiche a sulle isogeotermiche.

Del calore specifico, nel quale dapprima non fece l'Autore che brevi parole, tratta per disteso il Capo terzo al quale entra per una più scientifica definizione del calore specifico chiamandolo *il rapporto fra gli aumenti differenziali della temperatura e del calore.* Il riscaldamento, la

fusione, la vaporizzazione di un peso d'acqua sono gli effetti donde mostra potersi dedurre altrettante unità di misura del calorico ch'entro o si svolge dai corpi.

E pertanto facendosi a divisare i diversi metodi messi in opera dai fisici pel ritrovamento de' calori specifici, espone quello delle mescolanze con tutti i più minuti accorgimenti e cogli usi che per altre ricerche ponno farsene, quello della fusione del ghiaccio nel calorimetro di Lavoisier e Laplace, l'altro proposto da Mayer del tempo necessario al raffreddamento, metodo assai vantaggioso per le belle analisi di Fourier, e da ultimo pei gaz quello seguito da Dulong della velocità del suono. Di tutti questi metodi porge altresì i risultamenti epilogati in una copiosa tavola a corredo del primo articolo.

Nel seguente si fa ad ordinarli e stringerli con qualche legame di generale dipendenza in forma di legge fisica, della quale va eziandio tentando la probabil ragione. Notissima è la bella osservazione de' Signori Dulong e Petit sui calori specifici dei gaz semplici, essere cioè inversamente proporzionali al peso degli atomi rispettivi, di guisa che il prodotto del calore specifico di qualsivoglia gaz semplice pel peso del suo atomo (le unità di misura sono il calore specifico dell'acqua, ed il peso dell'atomo dell'ossigeno) renda costantemente la frazione 0, 375.

L'Autore distesamente esponendola vi appunta quanto v'ha tuttavia di meno provato e sicuro, ciò che per suo avviso vuole recarsi più che ad altro al peso degli atomi semplici non ancor bene dalla Chimica determinato.

Quanto a' gaz composti è dovuto allo stesso Sig Avogadro il primo passo in cerca d'una legge matematica de' loro calori specifici: e gli pare potersi prossimamente rappresentare ciascuno di essi per la radice quadrata della

somma de' volumi di qua' gaz semplici (sotto una stessa pressione) de' quali è fatto il composto.

In che poi veramente risieda la propria ragione di questa e dell' altra legge dei Signori Dulong e Petit non è ben dato di accertare, e il difficil nodo se ne addentra e nasconde in quelle condizioni delle minute particelle della materia alle quali nè i sensi direttamente, nè per ispeculativa deduzioni l' intelletto può giungere.

Il secondo libro che per tre lunghi capi in più articoli suddivisi prende il rimanente del secondo volume, tratta le dilatazioni de' corpi solidi.

E primo fra questi, onde faccia parola, è il vetro la cui dilatazione e restringimento è mestieri importa quelli d' altro solido aver conti, siccome quelli che nelle indicazioni de' termometri si mescono e quell' effetto che importa aver ben scevero ed in sua giusta misura. Rapportansi perciò gli sperimenti di Lavoisier di Laplace di Ellicot, di Smeaton, di Rudberg.

Alcuna cosa pure è detta sul cangiamento di volume delle pietre osservato non ha guari con qualche maggiore attenzione dal Sig. Vicat in Francia su d' un termometro che certo non ha paragone con alcuno degli usati fin qui. Esso è il gran ponte di pietra sulla Dordogna a Souillac, nel quale l' accurato osservatore notò alla diverse stagioni un piccol movimento dell' intera massa, corrispondente a circa un decimo di millimetro per metro nell' intervallo massimo delle temperature di quel clima cioè di circa quaranta del centigrado. Il quale tenuissimo movimento, ancorchè alla stabilità degli edifici costrutti in pietra sia al tutto di pochissimo momento, tale non è da aversi rispetto a que' minimi spostamenti che ne possono ricevere quegli apparati di geodetiche e sovrattutto di astronomiche osser-

vazioni affidati a cotali fabbriche e ciò precipuamente a nostri anni ne' quali la scienza si accinge alla misura di minutissime quantità non anzi pure avvertite, e delle quali que' piccioli movimenti onde fu detto, non sarebbero picciola parte.

Quindi passa l' Autore a ragionare alquanto per diviso dei pirometri, de' termometri metallici, e segnatamente di quello sensibilissimo di Breguet, e per ultimo de' compensatori il cui magistero introdotto di fresco dagli abilissimi artefici di Francia negli oriuoli stessi da tasca, presta oggimai un ragguardevolissimo servigio ai navigatori per la determinazione delle longitudini geografiche eziandio nel passaggio a climi quanto esser possa diversi.

La varia attitudine de' corpi a dilatarsi pel calore, e la loro potenza elastica, siccome l' una e l' altra dovuta al contrasto delle azioni molecolari, son legate in iscambievole dipendenza: ond' è che quei corpi che hanno diversa l'elasticità nelle diverse direzioni, crescano secondo quelle diversamente in volume, e perciò non serbino sotto l' azione del calore la somiglianza geometrica della figura. Tali sono i corpi cristallizzati ad assi ineguali, e segnatamente i cristalli trasparenti ne' quali fin già dal 1817, quando Fresnel entrava coi primi passi al nuovo sentiero de' suoi ottici scoprimenti, notarono i Fisici accompagnarsi le differenti dilatazioni e restringimenti nelle direzioni degli assi a cangiamenti corrispondenti nelle apparenze della doppia rifrazione, i cui fenomeni (avvegnacchè più facili a ravvisare) divengono pronto indizio della cangiata temperatura Quanto manifestarono fino a qui gli sperimenti a più valenti cristallografi d' Inghilterra di Francia e Germania in tale argomento va raccolto nell' articolo secondo del primo paragrafo di questo secondo libro: nè però ha tal copia e varietà di fatti

onde possa dedursi alcun principio che ne dia spiegata ragione.

Ne' tre lunghi articoli del paragrafo secondo è serbato ampio luogo alla trattazione della dilatazione de' liquidi, a dapprima di quella dell' acqua. Aduna l'autore le sperienze ed i calcoli di quanti tra i Fisici impresero la ricerca della legge che per le temperature misura i volumi. Grande cura mette in esporre i diversi apparati sperimentali e i risultamenti, rivolgendosi sovrattutto ad accertare la temperatura della massima densità dell' acqua; nella quale misura (siccome vuole appunto la condizione del massimo) benchè per piccole differenze si trovan discordi non che l' un dall' altro i diversi Fisici, ma d' un medesimo Fisico i diversi sperimenti.

Le scale delle densità degli altri liquidi segnate da Delue, Dalton, Gay-Lussac sono esposte ne' numeri seguenti; e benchè non rispondenti appieno a concordi, riescono pur tutte a questa conseguenza: l' olio d' ulivo, l' alcool puro, gli acidi solforico e nitrico seguire più che ogn' altro liquido dappresso gli andamenti del mercurio e potersene perciò formar termometri che di pochissimo si dispaiano dal comune.

La scoperta d' un massimo di densità nell' acqua pura trasse ben tosto i Fisici, per la ricerca d' un simil fatto, allo studio dell' acqua marina. Ma nè le investigazioni di Marcet, nè le più recenti d' Erman figlio giungono a questa sospettata temperatura della massima densità, se non quanto per la debole soluzione di salmarino del peso specifico d' un sol centesimo maggiore che quello dell' acqua pura, mostrano aver luogo poco sopra lo zero termometrico un piccioi ritorno nella scala delle densità crescenti. Per quelle dell' acqua naturale marina, dove il loro andamento potesse

con simil legge a quella serbata sopra lo zero, stendersi eziandio alle temperature inferiori, s' avrebbe pure un massimo: ma ciò avverrebbe a 12 gradi negativi, quando per essere già passata allo stato solido debbe anzi cessarsi in tutto alla legge anzidetta.

Dopo rapportati per simil guisa gli sperimenti di Munke e di Pouillet, si volge il Sig. Avogadro all' indagine di quelle formule algebraiche, dalle quali si possano esprimere per le temperature le dilatazioni dei liquidi, e ciò col solo ajuto de' trovati risultamenti sperimentali. Presa pertanto (nel che è grande larghezza di scegliere) quella forma di funzione che per numero d' indeterminate, e per facil maneggio bastevolmente risponda al bisogno di rappresentare la variabile dipendente e al comodo dell' uso pratico, tutto è opera di semplice calcolo; ed il nostro Autore, premesso un cenno sul metodo de' minimi quadrati, e pigliata la forma razionale intera di terzo grado, giunge ad esprimere le dilatazioni dell' acqua con lodevole approssimazione analiticamente, e graficamente eziandio delineando le curve che alle trovate equazioni rispondono.

Ciò che per l' acqua fa ancora per altri liquidi: se non che mancando ai risultati offerti da diversi Fisici quella concordia ed uniformità che renda determinate le operazioni del calcolo non può per sicuro e diritto cammino avanzarsi.

Benchè la formola esponenziale proposta da Flaugergues, a quella di Dalton che fa le dilatazioni semplicemente proporzionali ai quadrati delle temperature non pareggino d' esattezza quella a tre termini di terzo grado, non è che l' Autore le pretermetta; ma perciò appunto che dal lor paragone son quella dianzi trattata torni manifesto il vantaggio di essa, le viene per minuto cercando e raffrontando agli sperimenti.

Fin qui delle dilatazioni e delle densità de' liquidi entro i limiti delle ordinarie temperature. Più oltre, colle difficoltà di sperimentare, cresce d' egual passo l' incertezza e discordanza degli effetti notati. Pure ne fa diligente raccolta il Sig. Avogadro, nel che non può a meno di non menar seco il lettore per lunghi avvolgimenti e nojosi, a ciò viepiù pel difetto di alcune conchiusione cui possa condurlo, salvo quella già ben facile a prevedersi delle dilatabilità più rapidamente crescenti che le temperature.

Mette fine alla trattazione dei cangiamenti di volume operati dal calorico ne' corpi, l' esame di questo effetto ne' gaz. Il costante rapporto delle loro dilatazioni agli aumenti di temperatura, o come s' appella la legge di Gaylussac, ne è il fondamento: e l' Autore si dà a stabilirlo col paragone de' più accurati sperimenti, da' quali altresì torna provato e l' indipendenza di detto rapporto dalla natura del gaz, ed insieme il pregio de' termometri aerei di misurare direttamente le temperature, sopra le altre doti del pari osservabili della squisita sensibilità, e dell' uniforme andamento sotto l' azione del più intenso calore.

Il rimanente di questo terzo volume, che si compie col capo secondo del secondo libro, raccoglie i fenomeni del calore reciproci agli spiegati sin qui, vo' dire il mutar delle temperature pel mutar de' volumi.

E dapprima espone i risultati sperimentali con esso lo più immediate conseguenze che se no derivano delle ragioni teoriche tratta da poi.

L' ordine già innanzi seguito de' tre stati differenti dei corpi è pur quello che tiene in questa seconda parte. E vi parla perciò del calore svolto nella compressione dei solidi, ove fa luogo opportuno all' ingegnosa proposta del Sig. Morosi di convertire, nel difetto di materie combustibili, la

forza meccanica in calorifica; artificio inverso a quello delle macchine a vapore. Spiega insieme i belli e delicati sperimenti di Weber sulle corde vibranti, delle quali tese due parti con forza differente indi rimesse in comunicazione, anzichè la tensione media pigliano la risultante del diverso loro stato termometrico dovuto a cangiamenti di lunghezza; del che è spia e misura esattissima il tuono ch' essa rende nel suo movimento.

Segue lo sviluppo di calore da liquidi compressi: ma piccolissima n'è la quantità, nel qual fatto parmi maggiore conformità coll' ipotesi delle vibrazioni che all' altra delle emissioni calorifiche. Si accenna altra fonte di calore nelle attrazioni molecolari dei corpi che si bagnano, e si raduna in poche pagine la pensata teoria di Clapeyron che insegna a dedurre la quantità di calore da suoi effetti dinamici.

Del calorico svolto nella compressione de' corpi aeriformi ragiona in terzo luogo, e vi tratta dell' acciarino pneumatico e della macchina refrigerante di Schemnitz. Poscia succedono le ricerche sperimentali di Clement e Desormes eseguite coll' aria rarefatta, e le più esatte di Gaylussac e Welther coll' aria compressa, rivolte a determinare il rapporto fra i due calori specifici de' gaz, cioè a pressione ed a volume costante; il quale rapporto sotto le ordinarie pressioni e temperature vale 1,393 sicchè in tutti i gaz sempre per la diminuzione di nove millesimi di volume s' accresce d' un grado del termometro centigrado la temperatura.

La più ragguardevole fra le applicazioni che fa l' Autore delle esposte dottrine è l' indagine sulla costituzione, e sull' altezza dell' atmosfera. Le due leggi di Mariotte, e di Gaylussac, la prima sui cangiamenti di pressione per quelli di densità, la seconda sulle variazioni della forza elastica per

quelle della temperatura, fanno il passo al ritrovamento dell'equazioni generali dell'equilibrio della molecola aerea nell'atmosfera. Ma tuttocchè di queste stesse equazioni ci sia dato aver le integrali, non però tanto può avanzarsi il calcolo fino a determinare le chieste grandezze; e ciò pel difetto di conoscenza della terza legge che governe l'andamento delle temperature alle diverse elevazioni. Ond'è l'uopo d'alcun fisico supposto (e il meglio che trovar si possa concorde ad altre note leggi del calorico, ed ai fatti osservati) per venire all'atto di que' calcoli solo innanzi indicati.

E primieramente pone l'Autore la diminuzione della temperatura proporzionale all'elevazione sulla superficie terrestre: il che dà l'altezza dell'atmosfera di 43 a 46 chilometri; altezza che tuttavia debbe aversi per minore delle reale, avvegnacchè le legge stessa del decrescimento del calore, dedotta dalle osservazioni fino alle sole altezze accessibili all'uomo, vada nelle maggiori più rapida che non debb'essere infatto, tendendo il flusso del calorico a pigliere corso uniforme quanto più si innitena dalla sua fonte, chè tale è appunto principalmente la superficie terrestre percossa dal sole.

Più acconcia torna l'altra legge proposta da Laplace, e rispondente alle osservazioni delle rifrazioni astronomiche composta e tenente il mezzo delle due, che fanno le densità decrescenti in progressione geometrica ed in progressione aritmetica rispetto le altezze. Se non che sapendosi ora, dopo l'osservato e discusso da Biot, non riscontrarsi la rifrazione della cangiata azione degli stati più elevati e men densi dell'aria, ella è scorta mal sicura ed incerta in coteste ricerche, e ad ogni ipotesi lascia libero il campo si che a quella della divisione dell'erm nell'estreme sue per-

ticelle a già si fra loro disgiunte d'averne perduto ogni forza elastica, e l'altra pure del loro addensamento in uno stato tenuissimo liquido, come teslè volle Poisson, egualmente possano ammettersi.

Poco più giovano le osservazioni sul crepuscolo, non essendoci noto per qual numero di riflessioni il raggio lucido ci giunga all'occhio, e già i calcoli di Lambert fan correre la differenza di undici a sessanta chilometri se due anzichè sol uno vogliano porsi. Contuttociò non è senza qualche servigio l'esame di questo fenomeno pel maggior limite d'altezza dell'atmosfera ch'esso ci mostra, la quale non può adunque salire, almeno con sensibile densità, oltre i sessanta chilometri.

Dalla vera conoscenza della costituzione dell'atmosfera avremmo pure como esattamente misurare le altezze pel barometro: perchè tuttavia queste non soverchiano quegli strati aerei men lontani ne' quali le leggi della densità e del calore abbastanza son note, sol ci resta di correggerne e migliorarne le formule usate: il che fa appunto l'Autore ponendo fine al terzo volume con un breve ma ben condotto ed util trattato sull'uso del barometro nella misura delle altezze.

3 Settembre 1844.

La legge di continuità, ancorchè con forme a noi sconosciute, governa gli effetti fino a qui considerati della temperatura ne' corpi: ma in toccare a certi limiti della scala termometrica, essa subitamente si spezza; e lo stato di aggregazione delle molecole ponderabili è siffattamente diverso dal precedente che il corpo ne cangia lo suo fisica costituzione. Di questo singolare effetto della temperatura tratta il quarto ed ultimo volume di quest'Opera del Sig Avogodro.

Mandoti pertanto innanzi alcuni cenni e nozioni generali, parla primieramente dello liquefazione e congelazione. Più per diviso viene riscontrando la varie circostanze che a' accompagnano a questi fenomeni nell'acqua, il fluido più universale, e del quale ala pur ben detto quaggiù come lassù del sole, *Lo ministro maggior della natura*; cotalchè la cognizione delle leggi che reggono i diversi stati, e le maniere di sue azione meccanica e chimica è a stimarsi troppo gran parte della scienza del nostro globo.

Quanto di calorico si svolga ad assorbe dall' acqua nel suo passaggio dallo stato liquido al solido o viceversa, com'essa rimanga tuttavia liquida eziandio a temperature d'assai inferiori a quella del ghiaccio fondente e di subito per mezzi meccanici si rappigli e riscaldi spiega partitamente l'Autore. Nè ciò solo dell' acqua pura, ma altresì delle varie soluzioni che d' altri corpi (e de' sali in ispecie) se ne fanno; donde poi deduce le cagioni di parecchi fenomeni che s' osservano sui fiumi, sui laghi, e sui mari.

Con simil ordine tratta degli altri liquidi fra i quali mi piace notarvi il mercurio, i suoi amalgami, e le leghe metalliche. Assai acconciamente vi campeggia la teoria di Rudberg dal quale si risguardano le dette leghe siccome soluzioni di composti chimici a proporzioni determinate nel soverchio d' uno o di più metalli, il quale principio guida egli poscia ingegnosamente a spiegare cotali arrestamenti nella fusione delle leghe, e talvolta il ritorno a certe stato di consistenza.

Il secondo cangiamento di stato delle molecole de' corpi operato dal calore tramutandoli da liquidi ad aeriformi, è l' ultimo e per avventura il più rilevante a meglio studiato de' fenomeni, trattati dal nostro Autore. E ne dà egli primieramente una generale veduta che più larga abbracci le circostanze tutte che l' accompagnano e in fanno si varia con esse le numerose ed utili applicazioni all' arte meccanica ed agli studi della fisica e della meteorologia.

Poscia fattosi più dappresso e pigliate in diviso le varie parti ragiona a lungo della termazinne e condensazione dei vapori indipendentemente dalla lor mescolanza con un gaz permanente. E qui han luogo proprio le ricerche de' Fisici sulla forza del vapor acqueo: e vanno toste innanzi (siccome fra i men recenti i meglio condotti) gli sperimenti di

Dalton sulle variazioni delle massime tensioni al variare della temperatura corrispondente, da' quali parrebbe in quelle forze un andamento assai vicino a quello d' una progressione geometrica la cui ragione, onzichè serbarsi costante, venisse a poco a poco scemando: il che tuttavia non è da stimarsi bastevolmente prossimo al vero se non entro quei limiti termometrici, o poco fuori, tra i quali s' aggirano le anzidette sperienze.

Quelle di Volta che lo precedette (ancorchè non fosse egli il primo ma lo avanzassero di tempo Ziegler e Betancourt) occennano ancor esse una serie geometrica, ma quel picciolo scostarsene sarebbe per sottrazione d' una costante da ciascun termine, e perciò in senso opposto.

Seguono gli sperimenti di Robison dell' Ollandese Schmidt, di Southern e di Ure, il quale uscendo molto innanzi dai confini di temperatura toccati da Dalton, ne mostrò la legge manchevole, pel continuo ingrandire della ragione.

Ma le più esatte e numerose sperienze, condotte per più brevi passi, ed a più lontano termine per la scala della temperature son quelle dell' Accademia di Parigi fatte il 1830 dai Signori Prony, Arago, Girard e Dulong, e pubblicate nell' anno stesso a grande servigio de' Fisici e dei costruttori di macchine a vapore, le cui tensione spinsero fin presso la ventiquattro otmosfere.

Gli stessi Commissarii non parvero poscia altrettanto curarsi della espressione analitica de' trovati risultamenti, ma stetter contenti da zero a 100 gradi alla formula di Tredgold (ch' è d' un binomio lineare della temperatura elevato alla sesta potenza) solo cangiandone l' esponente per le più alte temperature e riducendolo al numero cinque. Nel che parver mostrare lo lor poca fidanza nell' uso di cotali argomenti geometrici, se di qualche vantaggio a certa

fisiche indagini, certamente di lieve ajuto all'arte delle macchine a vapore

La varietà delle forme di funzione della temperatura proposte a rappresentare la forza elastica massima del vapore acqueo, o che l'Autore tutte svolge ricercandola per minuto, ben mostra quanto malagevol cosa sia l'accertare le vere leggi della natura senza la scorta d'un provato principio teorico. Nè l'esponenziale di Laplace o di Biot ad esponente binomio o trinomio, nè quella di Prony fatta della somma di più esponenziali, e che guida ad una serie ricorrente per la determinazione delle costanti, nè meglio che le anzidette quella di Egen o la più complicata di Mossotti che porge la temperatura in una serie di potenze del logaritmo della tensione, esprime con bastevole esattezza i risultamenti delle sperienze Bensì ha ciascuna quei proprî limiti di temperatura e di forza elastica entro i quali più che ogn'altra accostandosi alle grandezze osservate può tornare di vantaggio nelle pratiche applicazioni. Ma la funzione che va seguendo la grandezza delle tensioni riescirebbe per tal guisa discontinua, e di nessun servigio a darcene a vedere il generale andamento.

Fin qui delle massime tensioni del vapore acqueo già formato corrispondenti alle diverse temperature ed in presenza dell'acqua onde si svolge. Ma se altro corpo straniero o solido o liquido il tocchi, spesso ne rimane variamente alterata la tensione; com'eziandio la temperatura della ebullizione torna diversa per le diverse materie che formano il vaso che l'acqua contiene.

Di tali effetti parla opportunamente l'Autore che qui raccoglie l'osservato e discusso da parecchi Fisici ch'entrarono in questo soggetto. Più specificatamente si fa a rintracciare la più probabil cagione di quel notissimo fenome-

no, il quale dal primo che vi si adoperasse intorno con qualche studio, fu detto di Leidenfrost; ed è qual serbarsi liquida rotonda e saltellante la gocciola d' acqua versata sopra lamina di metallo rovente anzichè tosto risolversi in vapore come pur parrebbe dovuto all' alta temperatura del corpo che la tocca. Ma questo toccamento, come bene avvisa il Sig. Avogadro, si stringe ad un sol brevissimo punto per la diminuita attrazione del metallo rovente che più non si bagna del liquido; ed il vapore che ivi stesso si forma seco rapisce tutto il calore comunicato alle goccia, le quale perciò non si scalda che per solo raggiamento.

Dall'esame delle forze del vapore acqueo passa l'Autore (similmente al già fatto innanzi) a quello d' altri liquidi, come lo spirito di vino, l' etere solforico, il mercurio; rapporta gli sperimenti di Bettancourt, di Dalton, di Ure, di Despretz e di più altri; e viene poscia colla scorta di quelli cercando se v' abbia alcuna generale relazione che leghi la tensioni massime de'diversi vapori a quelle del vapore acqueo. La proposta da Dalton che fa egoali le variazioni di forza elastica in tutti i vapori per eguali cangiamenti di temperatura partendo per ciascuno da quella che (sotto una comune pressione) il fa bollire men si scosta che le altre dal vero. Conluttociò questo vantaggio è stretto a pochissimi vapori e per avventura a quello del solo etere, sul quale e Dalton accadde di osservarla: nel qual difetto della cercata legge generale parmi (s' io ben veggo) un fatto assai conforme a quanto volea pure aspettarsi dallo stato di massima tensione alla quale son presi i vapori. Imperocchè a tale avvicinamento di lor molecole che le mette sul rapprendersi in liquido portandole al limite della sfera di scambievole azione, non può a meno che per la varia grandezza di questa forza si condizioni ne' diversi vapori la densità e

la tensione, le quali perciò non che seguire per tutti una legge, saranno anzi per ciascuno differenti com'è d'ogn'altra specifica qualità; quel generale andamento dovendo allor solo aver luogo che i vapori godano la intera pienezza di loro stato elastico siccome avviene appunto delle leggi di Mariotte e di Gaylussac le quali abbracciano ogni specie di fluido aeriforme

Quasi a corollario v'aggiunge l'Autore quanto ci è noto sulle temperature dell'ebullizione di diversi liquidi sotto la pressione atmosferica o generalmente su quelle che danno o'loro vapori una forza elastica determinata

Accenna ad un tempo come o cantatto della soluzioni saline scemi la tensione dei vapori acquei, e come tuttavia quando se ne svolgon per ebullizione portino seco la temperatura degli ottanta di Reaumur, come se dall'acqua pura salissero, fatto la prima volta notato da Rudberg e, contro l'universale aspettazione de' Fisici, pure incontestabilmente verificato. Ond'è che il Sig. Prechtl studiandosi di metterlo in accordo all'oltro più generale della diminuita tensione avvisa che in effetto il vapore non potendo spiccarsi dalla soluzione senza pigliarne quella maggior temperatura sopra gli ottanta che compensi la contraria azione del sale sulla tensione, all'atto poi di spandersi all'aria libera (là appunto ove gli apparati termometrici stanno a coglierlo) si dilati e renda latente quell'eccesso di temperatura che portò seco. Contro la quale opinione, dalla quale il nostro Autore dissente, non parmi ch'egli opponga forza di buone e chiare ragioni.

S'avanza poscia a parlare delle densità dei vapori e del loro rapporto a quelle dei liquidi donde si sviluppano: appresso della quantità di calorico assorbita nella vaporizzazione e svolta nel rappigliamento sotto forma liquida, e dei rap-

porti dei calori specifici d' un medesimo corpo a due diversi stati di liquido a di vapore.

Conseguenza di queste dottrine è una breve teorica dell' azione meccanica del vapore che il Sig. Avogadro espone con tutta chiarezza, raccogliendo a questo luogo le principali notizie storiche intorno alla mirabile macchina moderna della tromba da fuoco, e mostrando e dando giusto valore alle più rilevanti modificazioni successivamente introdotte, ed in ispecie sulla più vantaggiosa produzione del vapore. Mette fine con un cenno sulla nuova macchina del Sig. Brunel ad acido carbonico liquido, la quale assai promettendo in modello tra le mani del suo inventore, non parve aver atteso altrettanto fra quelle degli artefici e nelle dimensioni richieste al suo util servigio. Diciott' anni di vita non valsero a farla uscire dalla picciolezza delle sue forme e dalle strettezze del gabinetto, non che a soppiantare dovecchessia alcuna delle sue antiche sorelle.

I cinque seguenti articoli, ne' quali si riparte il paragrafo terzo che a quest' Opera mette fine, trattano della mescolanza de' vapori co' gaz permanenti e della evaporazione.

Il fatto che i vapori (purchè non tocchino quel limite di tensione che li ritorna allo stato liquido) son governati dalle stesse leggi che i gaz permanenti è manifesta ragione di quanto a Deluc e Saussure e poscia a Dalton con più esatti sperimenti venne trovato: il vapore cioè che sta per isvolgersi da un liquido entro un dato spazio occupato da uno o più gaz o vapori non incontrarvi più che un ritardo al suo libero sviluppo; ma la tensione e la densità che finalmente vi piglia riuscir le medesime come se quello spazio fosse vuoto del tutto. Questo purchè manchi ogni azione chimica tra quelle diverse sostanze aeriformi.

In questo principio hanno radice tutti i fenomeni della igrometria ed il nostro Autore ne li viene assai acconciamente esponendo e spiegando. Posto l' importante definizione della umidità d' uno spazio o d' un' atmosfera ch' egli con pari chiarezza che verità appella *il rapporto fra la tensione che il vapore si trova avere e la massima cui all' attuale temperatura può giungere*, descrive i diversi stromenti inventati dei Fisici a misurarla, cominciando dall' igrometro a mercurio di Deluc, passando poscia all' altro a capello di Saussure le cui diligentissimo ed ingegnose sperienze per segnorne i gradi, con esso quello di Gaylussac a di Melloni rapporta distesamente. Descrive appresso, insegnandone l' uso e la teoria, gl' igrometri fondati sul principio della evaporazione; a prima quello di Leslie, il quale meglio che igrometro vorrebbe chiamarsi igroscopio, indi quello di Daniell che guida alla misura dell' attuale tensione del vapore porgendo, per un freddo artificiale, quella minor temperatura rispetto la quale essa diviena massima. Son già parecchi anni da che il chiarissimo nostro Sig. Belli propose una forma particolare in questo apparecchio, per la quale andrebbe esente da que' difetti che portò seco uscendo dalla mano dell' inventore, e lo renderebbe per avventura il più esatto e semplice degl' igrometri. Al Sig. Avogadro il quale pur fa n questo passo diligente raccolta eziandio delle minima a talvolta disutili proposte di mutazioni e perfezionamenti, non so come sfuggisse di vista questa sì vantaggiosa e rilevante.

Mette fine colla descrizione del psicrometro di August (istromento al quale oggimai solo hanno ricorso i meglio avvisati osservatori de' fenomeni meteorologici) e colle esposizione dei calcoli che dalle sue indicazioni insegnano a dedurre la cercata tensione massima. Senza dubbio in co-

tali computi, che per natura stessa dello strumento debbono raccogliere un gran numero di elementi, v'ha ancora alcune parte di trascurato o supposto: conlultociò i replicati sperimenti che mostrerono la plausibile esattezza, e il comodo uso del psicrometro, gli danno sopra d' ogn' altro istromento congenere il vantaggio si che, come dissi, leggier conto suol farsi delle osservazioni igrometriche altrimenti fatte che per questo.

Il nuovo procedimento igrometrico del Sig. Delarive che cerca dedurre la misure dell' umidità onzichè dal freddo prodotto dallo svolgimento di nuovo vapore, dal caldo che cagione l' assorbimento dell' esistente nell' aria per opera dell' ocido solforico concentrolo di che si tinge la palla d' un termometro, ha pur trovato luogo in questo novero di stromenti igrometrici: ma certamente meglio come cenno storico che come ammaestramento di pratica utilità.

Il Sig. Avogadro, che le varie dottrine esposte nel corso di quest' opera voluminosa si studiò il più cha possa di condurre a conseguenze di qualche giovevol servigio, passa qui pure all' insegnamento delle correzioni che per la presenza del vapore acqueo, alle misure di parecchi fenomeni vogliono farsi. E primieramente alla determinazione del peso specifico dei gaz che di rado si hanno perfettamente asciutti, e quando ciò pur non fosse, sogliono pesarsi nell' aria atmosferica la quale non va mai scevera di qualche umidità. Appresso mostra come debba correggersi le velocità del suono nell' aria, che il vapore acqueo fa men dense e perciò più facile al corso del suono istesso. Da ultimo corregge la formula barometrica per le misure delle altezze, la quale perciò volendo riuscire esatta, richiede la contemporanea osservazione di due istromenti. La teorica dei vapori condotta così da suoi principi fino allo svolgimento di questo

conseguenze mise il nostro Autore all' entrata della meteorologia; ed egli pur volta porlarvi il passo facendosi a ragionare della distribuzione del vapore acqueo nell' atmosfera, e delle variazioni alle quali perciò è soggetta. Gran copia di osservazioni per diversità di altezze, di posizioni geografiche, a di tempi svariata e collegata saldamente al nodo delle premesse dottrine, sono raccolte dal Sig. Avogadro in ristretto spazio, si che di gran pregio riesce questa ultima porzione del suo lavoro. Ma sovrattutto degno di lode parmi quel tratto che ricerca la cagione delle varie altezze del barometro, e mostra come nè il tutto nè il più di questo effetto (ma suzi la menoma parte) debbasi allo stato igrometrico dell' aria od alla umidità vescicolare. Difatto nel più ampio e favorevol supposto del passaggio dall' assoluta mancanza di vapore al massimo di densità a tensione che alla ordinaria temperatura vi possa prendere, la pressione atmosferica non sarebbe per mutare di più che d' un cinquantesimo.

La principale cagione che fa eziandio di più pollici dibassare a crescere l' altezza barometrica è la variata temperatura media di tutta la colonna aerea, la quale (costante in lunghezza) ne torna or più rara or più densa. Ond' è che quel poco, se pur v' ha, di riconosciuto e provato nelle predizioni cavate dal barometro sui cangiamenti del tempo, non debba direttamente ascriversi alla maggiore o minor copia d' umidità, bensì all' effetto che sullo stato igrometrico dell' atmosfera cagiona il complesso di quelle condizioni che ponno variare la media temperatura contemporanea della colonna atmosferica.

E da questo principio medesimo si deduce, secondo l' avvisato del Sig. Dove, la spiegazione di quelle oscillazioni periodiche diurne del barometro che si librano (per co-

stante osservazione) fra due massimi e due minimi, quelli alle ore nove e mezzo del mattino ed alle dieci della sera, questi alle ore quattro della sera ed alle tre e mezzo del mattino. Ciò è dovuto appunto a due contrarii effetti della varia temperatura diurna, l'uno del far l'aria più leggera o greve, e perciò scemarne o crescerne la pressione; l'altro in opposto d'accrescere o scemare la tensione del vapore acqueo, il quale non giungendo alla sommità dell'atmosfera non può, come l'aria, versarsi dai lati. Or poichè ambedue questi effetti, ancorchè abbiano lo stesso periodo della temperatura diurna (cioè tra le ore 4 3/4 del mattino e le 4 e 3/4 della sera) operano in contrario senso, ed il risultante di entrambi (quello appunto che manifesta il barometro) torna governato da doppio periodo; ciò che fa luogo ai due massimi e due minimi dei quali parliamo, e l'ore altresì delle varie fasi ci son date dal calcolo, rappresentate, col Sig Dove o secondo il proposto da Hallström, l'elasticità del vapore e la pressione dell'aria per due funzioni simili circolari del tempo, le quali si trovano bene rispondere alle fatte osservazioni.

Eccovi, Egregi Colleghi (quanto più potei breve insieme e compiuta) l'esposizione di ciò che contiene questa ragguardevol opera del Sig Avogadro, frutto de' lunghi e profondi suoi studi nelle matematiche, nella fisica, nella chimica.

Quel gaudio (posciachè è pur mio debito qual ch'egli siasi manifestarlovi) ch'io ne portai da principio parmi che l'esame di questa seconda parte vieppiù rafforzi e confermi. Pigliando infatto più d'alto il punto di veduta a guardare l'ampiezza del campo da lui preso, e seguir l'ordine delle cose ch'egli viene mano mano svolgendo, noi troviamo grave importanza nel soggetto, nel piano bene intesa disposizione di parti, nelle cognizioni vastità ed esattezza,

per tutto diligente studio d'investigazione, rettitudine e saldezza di giudicio. Ma ciò non gli potè così venir fatto che si guardasse insieme da ogni sconcio, colpa più che sua dell'argomento medesimo troppo malagevole a condursi pegli ordinarii andamenti, e ben definito spiccarsi da quelli delle scienze affini sul cui campo gli convenne a più luoghi mettere l'un de' piedi. E quella stessa pur necessaria e sì naturale divisione dell'opera in due parti, nella prima delle quali ragiona dello stato delle molecole ponderabili senza riguardo alla temperatura, i cui effetti considera nella seconda è cagione (oltrecchè di parecchie materiali ripetizioni) di certo dirò, ritorno sui primi passi, il quale non è senza stanchezza del lettore, e come l'orma d'un cammino due volte calcato affatica la mente a ben discernere le due tracce. Parmi inoltre generalmente (e ne l'appuntai da principio) soverchia lunghezza e troppo minuta ricerca nell'esposizione di sperimenti e di teorie talvolta di lievissimo vantaggio: e la lettura di queste ben quattromille pagine continuata per descrizioni ed osservazioni minuziose con quell'assiduità d'attenzione che tolga, pel solo allentarsi ad un passo, la necessità di ripigliare da più carte addietro, è cosa da non bastarvi per avventura l'animo dei più.

Contuttociò cotanta moltitudine di fatti e dottrine quivi entro raccolte e digeste farà di questo libro un Opera di grande servigio al Fisico. Esso rimarrà come un monumento che ben rappresenti l'odierno stato della scienza, mostrerà a quanto s'avanzi il confine della moderna scoperte, e dirigerà opportunamente i passi del filosofo investigatore.